

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-205680

(43)Date of publication of application : 04.08.1998

(51)Int.Cl.

F16L 55/02

F24F 13/02

G10K 11/16

(21)Application number : 09-008195

(71)Applicant : TAIKISHA LTD

(22)Date of filing : 21.01.1997

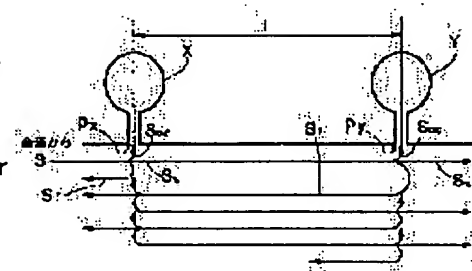
(72)Inventor : SASAO HIROYUKI
TAKEDA HIROYUKI

(54) NOISE SUPPRESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make even an air course propagation sound in a low frequency area so as to be effectively silenceable as well as to let it hard to receive any effect of an acoustic characteristic from the standpoint of air-course structure, thereby making a stable silencing effect so as to be securable.

SOLUTION: A resonant port (px) of an upper side resonator X resonating in a silencing objective frequency band is opened to an upper side position of the sound propagating direction in an air course F, and likewise another resonant port (py) of a lower side resonator Y resonating in the silencing objective frequency band is opened to a lower side position of the sound propagating direction in the air course, and then an interval of these resonant ports lying between both the upper side and lower side resonators X and Y is made into such an interval as adjoin the resonant port (px) of the upper side resonator X to a position where an extent of sound pressure in the silencing objective frequency band grows larger by interference between a propagating sound from the sound source side and a reflecting sound from the lower side resonator Y, whereby the upper side resonator X is made into such a resonator that is provided with a sound absorbing property by means of an impedance resistance component.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2944552

[Date of registration] 25.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-205680

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月4日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

FI

F16L 55/02

F16L 55/02

F24F 13/02

F24F 13/02

H

G10K 11/16

G10K 11/16

B

F

審査請求 有 請求項の数14 OL (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平9-8195

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月21日

(71) 出願人 000149790

株式会社大気社

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72) 発明者 笹尾 博行

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号 株式

会社大気社内

(72) 発明者 武田 浩之

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号 株式

会社大気社内

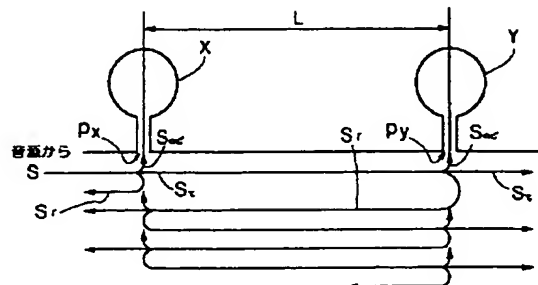
(74) 代理人 弁理士 北村 修 (外1名)

(54) 【発明の名称】 消音装置

(57) 【要約】

【課題】 低周波域の風路伝播音も効果的に消音できるようにし、また、風路構造上の音響特性に影響を受け難く安定した消音効果を得られるようにする。

【解決手段】 風路Fにおける音伝播方向の上手側位置に、消音対象周波数帯域で共鳴する上手側共鳴器Xの共鳴口 p_x を開口させ、風路Fにおける音伝播方向の下手側位置に、消音対象周波数帯域で共鳴する下手側共鳴器Yの共鳴口 p_y を開口させ、これら上手側共鳴器Xと下手側共鳴器Yとの共鳴口間隔 L を、音源側からの伝播音と下手側共鳴器Yからの反射音との干渉で消音対象周波数帯域の音圧が増大する位置に上手側共鳴器Xの共鳴口 p_x が臨む間隔にし、上手側共鳴器Xを、インピーダンス抵抗成分による吸音性を備える共鳴器にしてある。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 風路における音伝播方向の上手側位置に、消音対象周波数帯域で共鳴する上手側共鳴器の共鳴口を開口させ、

前記風路における音伝播方向の下手側位置に、消音対象周波数帯域で共鳴する下手側共鳴器の共鳴口を開口させ、

これら上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔を、音源側からの伝播音と前記下手側共鳴器からの反射音との干渉で消音対象周波数帯域の音圧が増大する位置に前記上手側共鳴器の共鳴口が臨む間隔にし、前記上手側共鳴器を、インピーダンス抵抗成分による吸音性を備える共鳴器にしてある消音装置。

【請求項 2】 前記上手側共鳴器を 0.1～6.0 のインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にしてある請求項 1 記載の消音装置。

【請求項 3】 前記上手側共鳴器を 0.5～2.0 のインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にしてある請求項 2 記載の消音装置。

$$L = (2n - 1) \cdot \lambda / 4 \quad (n \text{ は自然数}) \dots\dots\dots (イ) \text{ 式}$$

与えられる値にしてある請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 10】 前記特定周波数として、消音対象周波数帯域における中心周波数を採用してある請求項 9 記載の消音装置。

【請求項 11】 前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を、前記の (イ) 式において $n = 1$ で与えられる値にしてある請求項 9 又は 10 記載の消音装置。

【請求項 12】 消音対象周波数帯域で共鳴する 3 以上の共鳴器の共鳴口を、前記風路における音伝播方向で間隔を隔てて前記風路に開口させ、

これら 3 以上の共鳴器の群中に、前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との関係となる共鳴器対を複数対存在させてある請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 13】 前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との関係となる共鳴器対の複数を、それらの上手側共鳴口及び下手側共鳴口の夫々が前記風路の周方向に分散して位置する状態に設けてある請求項 1～12 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 14】 前記風路を形成する管体とこの管体の周部を囲う壁体との間に両端閉塞の環状室を形成するとともに、この環状室を前記風路に連通させる孔を前記管体に形成して、前記環状室を共鳴室とし、かつ、前記孔を共鳴口とする共鳴器を形成し、

この共鳴器を前記管体の長手方向に並設して、前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との関係の共鳴器対を形成してある請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 4】 前記下手側共鳴器を、前記上手側共鳴器とほぼ同等のインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にしてある請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 5】 前記下手側共鳴器を、前記上手側共鳴器よりも低いインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にしてある請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 6】 前記下手側共鳴器を、インピーダンス抵抗値がほぼ 0 の共鳴器にしてある請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 7】 前記上手側共鳴器及び前記下手側共鳴器夫々の共鳴室に吸音材を充填してある請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の消音装置。

【請求項 8】 前記上手側共鳴器の共鳴室に吸音材を充填し、前記下手側共鳴器の共鳴室を、吸音材が非充填の空状態にしてある請求項 5 又は 6 記載の消音装置。

【請求項 9】 前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を、消音対象周波数帯域における特定周波数の音の波長 λ に対し、

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、空調設備においてダクト中を伝播するファン騒音を消音するなど、風路の伝播音を消音する消音装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、風路伝播音の消音装置には、風路中に配備したグラスウール等の吸音材により音エネルギーを吸収して消音する吸音型と、風路への共鳴器の付設や風路の急拡大により音波の干渉や反射を利用して消音するリアクタンス型とがある。

【0003】 また、リアクタンス型のものとしては、特開平 1-296040 号公報に見られるように、風路に消音対象波長のほぼ $1/2$ の長さで風路長手方向に延びる共振腔路を形成するとともに、この共振腔路の両端部に消音対象周波数又はその近傍値で共振する共鳴室を設けるものも提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、吸音型は、音エネルギーの吸収による消音であることから、風路長さ、風路の形状、風路の端部反射特性などの風路構造上の音響特性の影響をあまり受けることなく安定した消音効果を得られるものの、低周波域の音については、効率良く吸音できず満足な消音効果を得られない問題があった。

【0005】 また、吸音型では、高い消音効果を得ようとする場合、風路中に配備する吸音材の量及び吸音面積を大きくしなければならず、風路の通風抵抗が大きくなって送風圧力損失が大きくなる問題もあった。

【0006】 一方、リアクタンス型は、低周波域の音についても高い消音効果を得ることができ、また、通風抵抗

抗の増大も少ないものの、干渉や反射などの音波特性を利用した消音であって音エネルギーの吸収（すなわち吸音）はほとんどないため、消音効果は上記の如き風路構造上の音響特性に依存し、風路構造上の音響特性によって消音効果に大きな差異を生じる。この為、満足な消音効果を得るには装置設計において風路全体の音響特性を把握することが必要になるが、現実には風路全体の音響特性を厳密に把握することは難しく、この点で実用において満足な消音効果を得ることが難しい問題があった。

【0007】以上の実情に対し、本発明の主たる課題は、合理的な消音方式の採用により、低周波域の音についても高い消音効果を得ることができ、また、通風抵抗の増大も少なく、しかも、風路構造上の音響特性の影響を受けることなく高い消音効果を安定的に得ることができる消音装置を提供する点にある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

〔1〕請求項1記載の発明では、風路における音伝播方向の上手側位置に、消音対象周波数帯域で共鳴する上手側共鳴器の共鳴口を開口させ、かつ、風路における音伝播方向の下手側位置に、消音対象周波数帯域で共鳴する下手側共鳴器の共鳴口を開口させることにより、これら共鳴器の反射作用をもって、これら上手側共鳴器の共鳴口と下手側共鳴器の共鳴口との間で消音対象周波数帯域の音を行き来させ、これにより、音源側から伝播する消音対象周波数帯域の音を捕捉する形態にする。

【0009】また、これら上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔を、音源側からの伝播音と下手側共鳴器からの反射音との干渉で消音対象周波数帯域の音圧が増大する位置に上手側共鳴器の共鳴口が臨む間隔にすることで、上記の如き共鳴口間での音の行き来と相まって、消音対象周波数帯域の音エネルギーが上手側共鳴器の共鳴口位置に効果的に集中するようにする。

【0010】そして、上手側共鳴器を、インピーダンス抵抗成分による吸音性（すなわち、音エネルギーの吸収性）を備える共鳴器にすることにより、上記の如き音エネルギーの集中状態において、上手側共鳴器に消音対象周波数帯域の音を効果的に吸収させ、これにより、消音対象周波数帯域の音を効率良く消音する。

【0011】つまり、消音対象周波数帯域の音エネルギーを効果的に集中させた状態で、その音エネルギーを吸収させるから、消音形態としては音エネルギーの吸収による消音でありながら、中高周波域の音のみならず低周波域の音についても高い消音効果を得ることができる。

【0012】また、音エネルギーの吸収による消音であるから、風路長さ、風路の形状、端部反射特性などの風路構造上の音響特性の影響を受け難く、安定した消音効果を得ることができ、風路全体の音響特性の厳密な把握が不要になる点で装置設計が容易になる。

【0013】しかも、従前の吸音型装置のように大量の

吸音材を大きな吸音面積を確保して風路中に配備するといった必要がなく、共鳴器を配備するだけの構造であるから、通風抵抗の増大を伴うことなく送風圧力損失の増大を回避できる。

【0014】なお、図1は上手側共鳴器X及び下手側共鳴器Yの配設部における音の伝播形態を模式的に示すものであり、図中、Sは音源側からの伝播音、 S_{γ} 、 S_{α} 、 S_{τ} は各共鳴器X、Yでの反射音、吸収音、透過音を示す。

【0015】〔2〕請求項2記載の発明では、上手側共鳴器を0.1～6.0のインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ を示す共鳴器にする。

【0016】つまり、図2は、上記した請求項1記載の発明の実施例として、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を、消音対象音の波長 λ の $1/4$ にした場合（ $L=\lambda/4$ ）のデータを示すが、このデータからも判るように、上手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ が0.1～6.0の範囲であれば、消音対象音に対し装置全体として0.3以上の吸収率 A^2 （吸音率）を得ることができ、吸音による高い消音効果を確実に得ることができる。

【0017】なお、図2において、グラフg1は下手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z_2/Z_0]$ が0.001の場合、グラフg2は下手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z_2/Z_0]$ が1.0の場合、グラフg3は上手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ と下手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z_2/Z_0]$ が等しい場合である。

【0018】 Z_1 、 Z_2 は上手側共鳴器及び下手側共鳴器夫々の単体インピーダンス、 Z_0 は風路の特性インピーダンスであり、風路に装備した状態での上手側共鳴器及び下手側共鳴器夫々のインピーダンス Z_1/Z_0 、 Z_2/Z_0 は、実部としてのインピーダンス抵抗値 R と、虚部としてのリアクタンス成分 J との和として次式で示される。

$$Z_1/Z_0 = R[Z_1/Z_0] + J[Z_1/Z_0], \quad Z_2/Z_0 = R[Z_2/Z_0] + J[Z_2/Z_0]$$

【0019】〔3〕請求項3記載の発明では、上手側共鳴器を0.5～2.0のインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ を示す共鳴器にする。

【0020】つまり、前述の図2のデータから判るように、上手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ が0.5～2.0の範囲であれば、消音対象音に対し極大値ないし極大値に近い吸収率 A^2 を得ることができ、吸音による消音を一層効果的なものにすることができる。

【0021】〔4〕請求項4記載の発明では、下手側共鳴器を、上手側共鳴器とほぼ同等のインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にすることにより、前述の如く、消音対象周波数帯域の音を上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間で行き来させる状態において、下手側共鳴器を上手側共鳴器とともに同等の吸音性をもって消音対象周波

数帯域の音に対し吸収作用させる。

【0022】つまり、このことにより、装置全体としての吸音性（音エネルギーの吸収性）を高くして風路構造上の音響特性の影響を一層受け難くしながら、吸音による高い消音効果を得ることができる。

【0023】なお、下手側共鳴器を、上手側共鳴器とほぼ同等のインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にする場合、前述の図2におけるグラフg3に示されるように、極力高い吸収率 A^2 を得る上で、上手側共鳴器及び下手側共鳴器をとともに0.7ないしその近傍のインピーダンス抵抗値 $R[Z1/Z0]$ 、 $R[Z2/Z0]$ を示す共鳴器にすることが好ましい。

【0024】〔5〕請求項5記載の発明では、下手側共鳴器を、上手側共鳴器よりも低いインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にすることにより、下手側共鳴器での吸音を抑止した状態で、消音対象周波数の音を高い反射率で下手側共鳴器の共鳴口から上手側共鳴器の共鳴口の側へ反射させるようにし、これにより、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間での音の行き来において、消音対象周波数帯域の音エネルギーを上手側共鳴器の共鳴口位置に集中させる効果を高める。

【0025】つまり、この集中効果の向上により、上手側共鳴器での消音対象周波数帯域の音の吸音を一層効果的にすることができ、これにより、吸音による消音効果を高めることができる。

【0026】なお、下手側共鳴器を、上手側共鳴器よりも低いインピーダンス抵抗値を示す共鳴器にする場合、前述の図2におけるグラフg1、g2に示されるように、極力高い吸収率 A^2 を得る上で、上手側共鳴器を1.0ないしその近傍のインピーダンス抵抗値 $R[Z1/Z0]$ を示す共鳴器にすることが好ましい。

【0027】〔6〕請求項6記載の発明では、下手側共鳴器を、インピーダンス抵抗値がほぼ0の共鳴器にする

$$L = (2n - 1) \cdot \lambda / 4 \quad (n \text{ は自然数}) \cdots \cdots \text{イ式}$$

で与えられる値にする。

【0033】つまり、図3は、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を変化させた場合に、装置全体としての消音対象音の吸収率 A^2 がどのように変化するかを示すが、このデータからも判るように、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔 L が、消音対象音の波長 λ に対し上記（イ式）で与えられる間隔のとき、音源側からの伝播音と下手側共鳴器からの反射音との干渉による上手側共鳴器の共鳴口位置での消音対象音の音圧増大（すなわち、前述の如きの音エネルギーの集中）が最大になり、装置全体としての消音対象音の吸収率 A^2 が極大値を示す。

【0034】したがって、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を、消音対象周波数帯域における特定周波数の音の波長 λ に対し、上記（イ式）で与えられる間隔にすれば、消音対象周波数帯域の音を効果的に消音

ことにより、下手側共鳴器からの反射による前記の集中効果を最大限に発揮させ、これにより、上記した請求項5記載の発明の作用・効果を最も顕著に得られるようにする。

【0028】〔7〕請求項7記載の発明では、上手側共鳴器及び下手側共鳴器夫々の共鳴室に吸音材を充填することにより、これら上手側共鳴器及び下手側共鳴器の夫々にインピーダンス抵抗成分による吸音性を備えさせる。

【0029】つまり、前述の如き共鳴口間での音の行き来において、上手側共鳴器及び下手側共鳴器の夫々を消音対象周波数帯域の音に対し吸音作用させるにあたり、吸音材充填により各共鳴器に吸音性を備えさせるから、その充填量の調整や吸音材の材質選定などにより、上手側共鳴器及び下手側共鳴器夫々のインピーダンス抵抗値を容易に調整でき、この抵抗値調整をもって、装置全体としての消音特性を所望のものに容易に調整することができる。

【0030】〔8〕請求項8記載の発明では、上手側共鳴器の共鳴室に吸音材を充填することにより、上手側共鳴器にインピーダンス抵抗成分による吸音性を備えさせ、これに対し、下手側共鳴器の共鳴室を吸音材が非充填の空状態にすることにより、下手側共鳴器を上手側共鳴器よりもインピーダンス抵抗値の低いものにする。

【0031】つまり、この構成により、前記した請求項5又は6記載の発明を容易に実施でき、また、上手側共鳴器に対する吸音材充填量の調整や充填吸音材の材質選定などにより上手側共鳴器のインピーダンス抵抗値を調整して、装置全体の消音特性を容易に調整することができる。

【0032】〔9〕請求項9記載の発明では、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を、消音対象周波数帯域における特定周波数の音の波長 λ に対し、

できる。

【0035】なお、図3において、グラフgaは上手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z1/Z0]$ が1.00で、下手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z2/Z0]$ が0.01の場合を示し、グラフgbは上手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z1/Z0]$ 及び下手側共鳴器のインピーダンス抵抗値 $R[Z2/Z0]$ がともに1.00の場合を示す。

【0036】〔10〕請求項10記載の発明では、上記の特定周波数として、消音対象周波数帯域における中心周波数を採用することにより、消音対象周波数帯域の帯域中における吸収率 A^2 の偏りを防止し、これにより、消音対象周波数帯域の全体について極力均等な消音効果を得られるようにする。

【0037】〔11〕請求項11記載の発明では、上手側共鳴器と下手側共鳴器との共鳴口間隔 L を、前記のイ

式において $n=1$ で与えられる値にすることにより、その共鳴口間隔を極力小さくして装置をコンパクトにしながら、高い消音効果を得られるようにする。

【0038】〔12〕請求項12記載の発明では、消音対象周波数帯域で共鳴する3以上の共鳴器の共鳴口を、風路における音伝播方向で間隔を隔てて風路に開口させ、これら3以上の共鳴器の群中に、前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との関係となる共鳴器対を複数対存在させ、これにより、これら共鳴器対の夫々が奏する前述の如き消音効果が相まってより高い消音効果を得られるようにする。

【0039】なお、この構成における複数の共鳴器対の存在形態としては、一つの上手側共鳴器に対し複数の下手側共鳴器が存在するような形態、また、一つの共鳴器対において下手側共鳴器となるものが他の共鳴器対において上手側共鳴器となるような形態、あるいは、これら両方の形態が組み合わさった形態など、種々の形態が可能である。

【0040】〔13〕請求項13記載の発明では、前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との関係となる共鳴器対の複数の、それらの上手側共鳴口及び下手側共鳴口の夫々が風路の周方向に分散して位置する状態に設け、これにより、これら共鳴器対の夫々が奏する前述の如き消音効果が相まってより高い消音効果を得られるようにする。

【0041】また、複数の共鳴器対における上手側共鳴口及び下手側共鳴口の夫々を風路の周方向に分散させて位置させることにより、風路の断面方向における消音効果の偏りを防止し、風路断面積が大きな風路についても高い消音効果を確実に得られるようにする。

【0042】〔14〕請求項14記載の発明では、風路を形成する管体とこの管体の周部を囲う壁体との間に両端閉塞の環状室を形成するとともに、この環状室を風路に連通させる孔を管体に形成することにより、その環状室を共鳴室とし、かつ、その孔を共鳴口とする共鳴器を形成する。そして、この共鳴器を管体の長手方向に並設することにより、前記上手側共鳴器と前記下手側共鳴器との関係の共鳴器対を形成する。

【0043】つまり、この構成によれば、風路を形成する管体に対し共鳴器を外嵌状態で一体形成する共鳴器装備形態となることから、例えば、共鳴室形成容器を管路を介して風路に接続する形態などに比べ、装置の全体構造をシンプルにして装置の製作及び施設を容易にすることができ、また、装置耐久性にも優れたものとすることができる。

【0044】

【発明の実施の形態】

〔第1実施形態〕図4～図6は、空調設備の送風ダクトに介装する消音器を示し、両端部を対象ダクトに対する接続端として内部を風路Fとする管体1を、外管状の壁

体2により囲い、これら管体1と壁体2との間に形成される環状空間の両端部を端板3により閉塞し、さらに、この環状空間を中間仕切板4により仕切って、二つの環状室5a、5bを形成してある。

【0045】そして、各環状室5a、5bを風路Fに連通させる孔6a、6bの夫々を、風路周方向に等間隔に配置して8個ずつ管体1に形成し、これにより、各環状室5a、5bにおいて各孔6a、6bに対応位置する部分の夫々を共鳴室sx、sy（すなわち、風路周方向に並ぶ8室ずつの共鳴室）とし、かつ、各孔6a、6bの夫々を共鳴口px、pyとする構造で、風路Fにおける音伝播方向の上手側位置で風路Fに共鳴口pxを開口させる上手側共鳴器Xと、風路Fにおける音伝播方向の下手側位置で風路Fに共鳴口pyを開口させる下手側共鳴器Yとの共鳴器対の8対を風路周方向に並設した形態としてある。

【0046】これら共鳴器対における上手側共鳴器Xと下手側共鳴器Yとの共鳴口間隔Lは、音源側からの伝播音と下手側共鳴器Yからの反射音との干渉で消音対象周波数帯域の音圧が増大する位置に上手側共鳴器Xの共鳴口pxが臨む間隔にしてあり、具体的には、共鳴口間隔Lを極力小さくしながら上記の音圧増大を最大に得る間隔として、消音対象周波数帯域における中心周波数ftの音の波長λtに対し、 $L=\lambda t/4$ となる間隔にしてある。

【0047】また、各共鳴器X、Yの共鳴室sx、syとして作用する前記環状室5a、5bの夫々には吸音材Gとしてグラスウールを充填し、この充填においてグラスウールの充填量を調整することにより、上手側共鳴器X及び下手側共鳴器Yの夫々が所定のインピーダンス抵抗値を示して、インピーダンス抵抗成分による吸音性を示すようにしてある。

【0048】図7～図9は、上記構成の消音器において、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域とし、各部の寸法を共鳴口間隔 $L=1360\text{mm}$ （中心周波数 $f_t=63\text{Hz}$ ）、各環状室5a、5bの長さ $M_1, M_2=850\text{mm}$ 、管体1の直径 $D_1=300\text{mm}$ 、壁体2の直径 $D_2=600\text{mm}$ 、各共鳴口px、pyの直径 $d_1, d_2=40\text{mm}$ としたときの消音特性を示す。

【0049】図7において、 $R[Z_1/Z_0]$ 、 $J[Z_1/Z_0]$ は上手側共鳴器Xのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分、 $R[Z_2/Z_0]$ 、 $J[Z_2/Z_0]$ は下手側共鳴器Yのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分である。

【0050】図8において、 A^2 は装置全体としての吸収率、 R^2 は装置全体としての反射率、 T^2 は装置全体としての透過率である。

【0051】また、図9は消音器前後の接続ダクトの長さを0.1～5mまで0.1mピッチで変更したときの挿入損失の度数分布（棒グラフ）と累積度数（曲線グラ

フ)を示し、図中のMeanは平均減音量、SDは標準偏差、Maxは最大減音量、Minは最小減音量を示す。なお、挿入損失 $=10\log(W_o/W_i)$ であり、 W_o は消音器のない場合における風路開放端での放音パワー、 W_i は消音器を介装した場合の風路開放端での放音パワーである。

【0052】〔第2実施形態〕図10は、上述の第1実施形態で示した消音器と基本構造は同じものにおいて、上手側共鳴器Xは、前述と同様、その共鳴室 s_x として作用する環状室5aへのグラスウール充填によりインピーダンス抵抗値を調整するのに対し、下手側共鳴器Yは、その共鳴室 s_y として作用する環状室5bを吸音材非充填の空状態にした消音器を示す。

【0053】図11～図13は、この構成の消音器において、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域とし、各部の寸法を共鳴口間隔 $L=1360\text{mm}$ （中心周波数 $f_t=63\text{Hz}$ ）、各環状室5a、5bの長さ $M_1, M_2=850\text{mm}$ 、管体1の直径 $D_1=300\text{mm}$ 、壁体2の直径 $D_2=600\text{mm}$ 、上手側共鳴口 p_x の直径 $d_1=28\text{mm}$ 、下手側共鳴口 p_y の直径 $d_2=60\text{mm}$ としたときの消音特性を示す。なお、表示形態は前述の図7～図9と同様である。

【0054】〔第3実施形態〕図14は、上手側共鳴器X及び下手側共鳴器Yとして、共鳴室形成容器7a、7bを管路8a、8bを介して風路Fに接続する形式の共鳴器を用いた消音器を示し、上手側共鳴器Xと下手側共鳴器Yとの共鳴口 p_x, p_y の間隔 L は、前述の第1及び第2実施形態と同様、消音対象周波数帯域における中心周波数 f_t の音の波長 λ_t に対し、 $L=\lambda_t/4$ となる間隔にしてある。

【0055】また、各共鳴器X、Yの共鳴室 s_x, s_y には吸音材Gとしてグラスウールを充填し、この充填においてグラスウールの充填量を調整することにより、上手側共鳴器X及び下手側共鳴器Yの夫々が所定のインピーダンス抵抗値を示して、インピーダンス抵抗成分による吸音性を示すようにしてある。

【0056】図15～図17は、この構成の消音器において、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域とし、各部の寸法を共鳴口間隔 $L=1360\text{mm}$ （中心周波数 $f_t=63\text{Hz}$ ）、各共鳴室 s_x, s_y の容積 $V_1, V_2=10\text{リットル}$ 、各首部（管路8a、8b）の長さ $H_1, H_2=65\text{mm}$ 、各首部（管路8a、8b）の直径 $d_1, d_2=50\text{mm}$ としたときの消音特性を示す。

【0057】〔第4実施形態〕図18は、上述の第3実施形態で示した消音器と基本構造は同じものにおいて、上手側共鳴器Xは、前述と同様、その共鳴室 s_x へのグラスウール充填によりインピーダンス抵抗値を調整するのに対し、下手側共鳴器Yは、その共鳴室 s_y を吸音材非充填の空状態にした消音器を示す。

【0058】図19～図21は、この構成の消音器において、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域とし、各部の寸法を共鳴口間隔 $L=1360\text{mm}$ （中心周波数 $f_t=63\text{Hz}$ ）、各共鳴室 s_x, s_y の容積 $V_1, V_2=10\text{リットル}$ 、上手側共鳴器Xの首部（管路8a）の長さ $H_1=65\text{mm}$ 、下手側共鳴器Yの首部（管路8b）の長さ $H_2=40\text{mm}$ 、各首部（管路8a、8b）の直径 $d_1, d_2=50\text{mm}$ としたときの消音特性を示す。

【0059】なお、前述の第1～第4実施形態で示した消音器に対する比較例として、図23～図25は、上述の第4実施形態で下手側共鳴器Yとして用いた共鳴器B（共鳴室の容積 $=10\text{リットル}$ 、首部の長さ $=40\text{mm}$ 、首部の直径 $=50\text{mm}$ 、グラスウール充填無し）を、図22に示す如く、共鳴口 p の間隔 $L=1360\text{mm}$ で音伝播方向に並設したものにおいて、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域としたときの消音特性を示す。なお、図23において、 $R[ZB_1/ZO]$ 、 $J[ZB_1/ZO]$ は上手側に位置する共鳴器Bのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分、 $R[ZB_2/ZO]$ 、 $J[ZB_2/ZO]$ は下手側に位置する共鳴器Bのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分である。

【0060】また、図27～図29は、上述の第4実施形態で下手側共鳴器Yとして用いた共鳴器B（共鳴室の容積 $=10\text{リットル}$ 、首部の長さ $=40\text{mm}$ 、首部の直径 $=50\text{mm}$ 、グラスウール充填無し）を、図26に示す如く、音伝播方向で等位置に共鳴口 p が位置する状態に並列配置したものにおいて、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域としたときの消音特性を示す。なお、図27において、 $R[ZB'/ZO]$ 、 $J[ZB'/ZO]$ は一方の共鳴器Bのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分、 $R[ZB''/ZO]$ 、 $J[ZB''/ZO]$ は他方の共鳴器Bのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分である。

【0061】さらにまた、図31～図33は、前述の第3実施形態で上手側共鳴器X及び下手側共鳴器Yとして用い、また、前述の第4実施形態で上手側共鳴器Xとして用いた共鳴器A（共鳴室の容積 $=10\text{リットル}$ 、首部の長さ $=65\text{mm}$ 、首部の直径 $=50\text{mm}$ 、グラスウール充填有り）を、図30に示す如く、音伝播方向で等位置に共鳴口 p が位置する状態に並列配置したものにおいて、1/1オクターブ63Hz帯を消音対象周波数帯域としたときの消音特性を示す。なお、図31において、 $R[ZA/ZO]$ 、 $J[ZA/ZO]$ は一方の共鳴器Aのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分、 $R[ZA'/ZO]$ 、 $J[ZA'/ZO]$ は他方の共鳴器Aのインピーダンス抵抗値とリアクタンス成分である。

【0062】つまり、これら比較例消音器との比較から判るように、前述の第1～第4実施形態の消音器によれば、吸音による高い消音効果を得ることができ、また、挿入損失のバラツキが小さいことから、風路長さ、風路

の形状、端部反射特性などの風路構造上の音響特性の影響を受け難く、安定した消音効果を得られることが判る。

【0063】〔別の実施形態〕次に本発明の別の実施形態を列記する。前述の第1及び第2実施形態では、上手側共鳴器Xと下手側共鳴器Yとの関係となる共鳴器対の複数を、それらの上手側共鳴口 p_x 及び下手側共鳴口 p_y の夫々が風路Fの周方向に分散して位置する状態に設ける例を示したが、図34に示す如く、消音対象周波数帯域で共鳴する3以上の共鳴器K1、K2、K3の共鳴口 p を、風路Fにおける音伝播方向で間隔を隔てて風路Fに開口させ、これら3以上の共鳴器K1、K2、K3の群中に、前記上手側共鳴器Xと前記下手側共鳴器Yとの関係となる共鳴器対を複数対存在させるようにしてもよい。

【0064】なお、この場合、複数の共鳴器対の存在形態としては、一つの上手側共鳴器Xに対し複数の下手側共鳴器Yが存在するような形態、また、一つの共鳴器対において下手側共鳴器Yとなるものが他の共鳴器対において上手側共鳴器Xとなるような形態、あるいは、これら両方の形態が組み合わさった形態など、種々の形態が可能である。

【0065】また、各共鳴器K1、K2、K3の共鳴口間隔 L_1 、 L_2 は、夫々、消音対象周波数帯域における特定周波数（例えば中心周波数）の音の波長 λ に対し、 L_1 、 $L_2 = (2n-1) \cdot \lambda / 4$ （ n は自然数）で与えられる値ないしその近傍値にするのが望ましい。

【0066】前述の第1～第4実施形態では、上手側共鳴器Xと下手側共鳴器Yとの共鳴口間隔 L を、消音対象周波数帯域における中心周波数 f_t の音の波長 λ_t に対し、 $L = \lambda_t / 4$ で与えられる値にしたが、これに限らず、上手側共鳴器Xと下手側共鳴器Yとの共鳴口間隔 L は、音源側からの伝播音と下手側共鳴器Yからの反射音との干渉で消音対象周波数帯域の音圧が増大する位置に上手側共鳴器Xの共鳴口 p_x が臨む間隔であればよく、好ましくは、消音対象周波数帯域における特定周波数 f の音の波長 λ に対し、

$$L = (2n-1) \cdot \lambda / 4 \quad (n \text{ は自然数})$$

で与えられる値ないしその近傍値、また、その特定周波数 f として消音対象周波数帯域の中心周波数 f_t を採用した値にするのがよい。

【0067】上手側共鳴器Xや下手側共鳴器Yの共鳴室 s_x 、 s_y に吸音材Gを充填して、それら共鳴器X、Yのインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ 、 $R[Z_2/Z_0]$ を調整する場合、吸音材Gとしては、グラスウールに限らずロックウールやウレタンフォームなど吸音性を有する種々の材質のものを適用でき、また、吸音材充填によらず共鳴器の形状や構造上の細工により、それら共鳴器X、Yのインピーダンス抵抗値 $R[Z_1/Z_0]$ 、 $R[Z_2/Z_0]$ を調整するようにしてもよい。

【0068】上手側共鳴器X及び下手側共鳴器Y夫々の具体的形状、構造は、前述の各実施形態で示した形状、構造に限らず、種々の形状、構造を採用できる。

【0069】風路Fにおける通風方向と音源側からの音伝播方向とは同じ向きであってもよく、また、逆向きであってもよい。

【0070】風路Fは、空調設備における送風ダクトに限定されるものではなく、どのような目的の風路であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】共鳴器配設部における音の伝播形態を示す図

【図2】インピーダンス抵抗値と吸収率との関係を示すグラフ

【図3】共鳴口間隔と吸収率との関係を示すグラフ

【図4】第1実施形態の消音器を示す一部切欠き斜視図

【図5】第1実施形態の消音器を示す縦断面図

【図6】第1実施形態の消音器を示す横断面図

【図7】第1実施形態の消音器の消音特性（インピーダンス抵抗値）を示すグラフ

【図8】第1実施形態の消音器の消音特性（吸収率）を示すグラフ

【図9】第1実施形態の消音器の消音特性（挿入損失の度数分布）を示すグラフ

【図10】第2実施形態の消音器を示す縦断面図

【図11】第2実施形態の消音器の消音特性（インピーダンス抵抗値）を示すグラフ

【図12】第2実施形態の消音器の消音特性（吸収率）を示すグラフ

【図13】第2実施形態の消音器の消音特性（挿入損失の度数分布）を示すグラフ

【図14】第3実施形態の消音器を示す概略構造図

【図15】第3実施形態の消音器の消音特性（インピーダンス抵抗値）を示すグラフ

【図16】第3実施形態の消音器の消音特性（吸収率）を示すグラフ

【図17】第3実施形態の消音器の消音特性（挿入損失の度数分布）を示すグラフ

【図18】第4実施形態の消音器を示す概略構造図

【図19】第4実施形態の消音器の消音特性（インピーダンス抵抗値）を示すグラフ

【図20】第4実施形態の消音器の消音特性（吸収率）を示すグラフ

【図21】第4実施形態の消音器の消音特性（挿入損失の度数分布）を示すグラフ

【図22】第1比較例の消音器を示す概略構造図

【図23】第1比較例の消音器の消音特性（インピーダンス抵抗値）を示すグラフ

【図24】第1比較例の消音器の消音特性（吸収率）を示すグラフ

【図25】第1比較例の消音器の消音特性（挿入損失の

度数分布)を示すグラフ

【図26】第2比較例の消音器を示す概略構造図

【図27】第2比較例の消音器の消音特性(インピーダンス抵抗値)を示すグラフ

【図28】第2比較例の消音器の消音特性(吸音率)を示すグラフ

【図29】第2比較例の消音器の消音特性(挿入損失の度数分布)を示すグラフ

【図30】第3比較例の消音器を示す概略構造図

【図31】第3比較例の消音器の消音特性(インピーダンス抵抗値)を示すグラフ

【図32】第3比較例の消音器の消音特性(吸音率)を示すグラフ

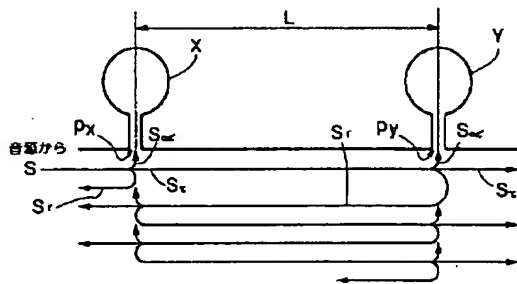
【図33】第3比較例の消音器の消音特性(挿入損失の度数分布)を示すグラフ

【図34】別実施形態の消音器を示す概略構造図

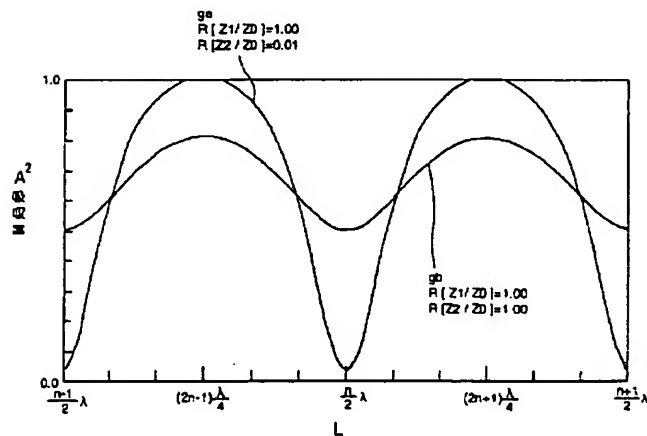
【符号の説明】

F 風路

【図1】



【図3】



X

p x

Y

p y

L

s x

s y

G

f

f t

$\lambda, \lambda t$

K 1 ~ K 3

p

1

2

5 a, 5 b

6 a, 6 b

上手側共鳴器

上手側共鳴器の共鳴口

下手側共鳴器

下手側共鳴器の共鳴口

共鳴口間隔

上手側共鳴器の共鳴室

下手側共鳴器の共鳴室

吸音材

特定周波数

中心周波数

波長

共鳴器

共鳴口

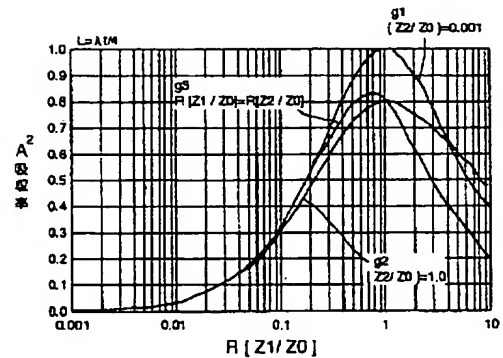
管体

壁体

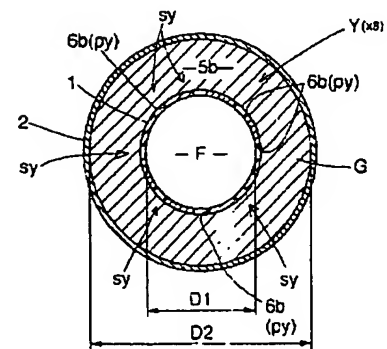
環状室

孔

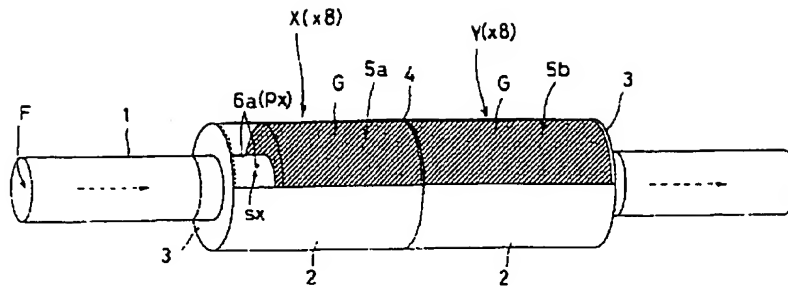
【図2】



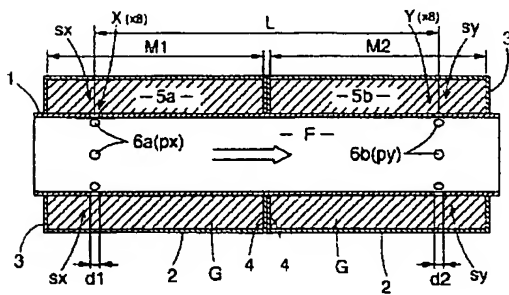
【図6】



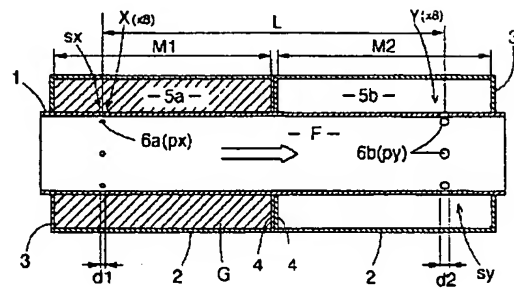
【図4】



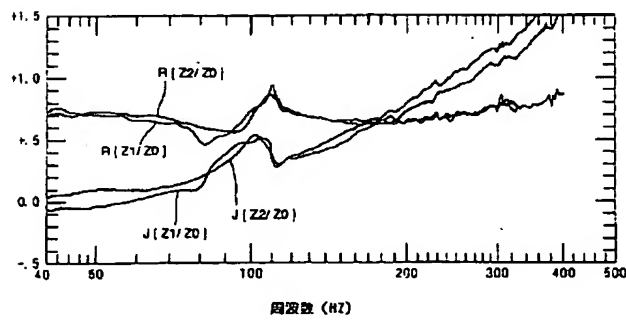
【図5】



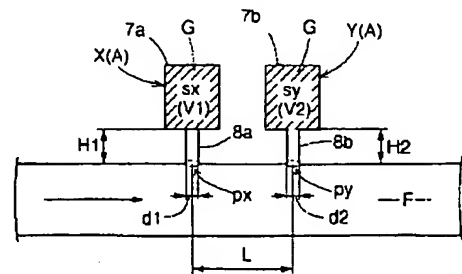
【図10】



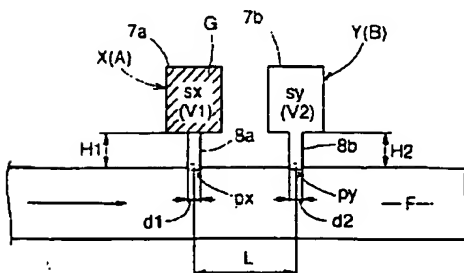
【図7】



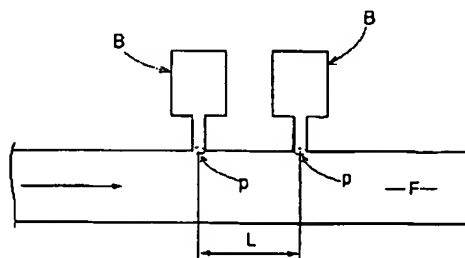
【図14】



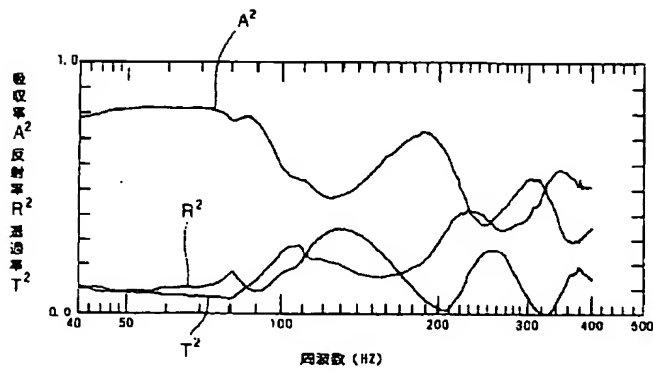
【図18】



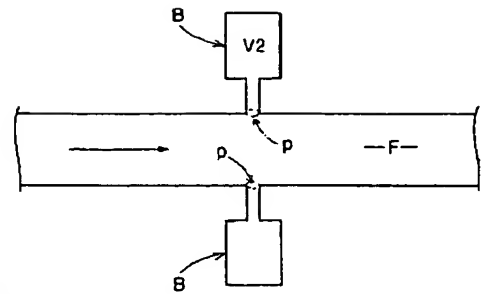
【図22】



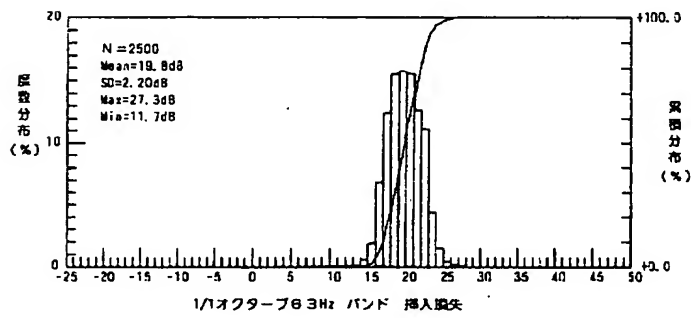
【図8】



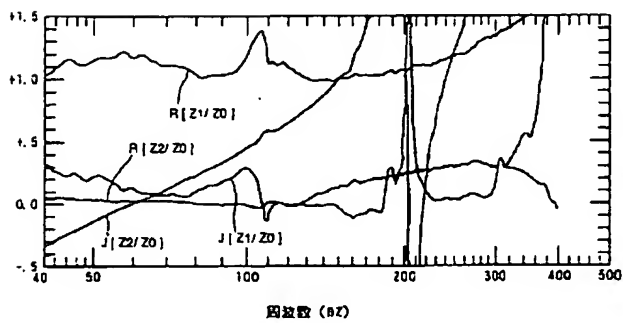
【図26】



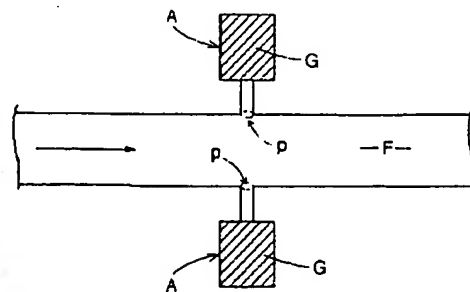
【図9】



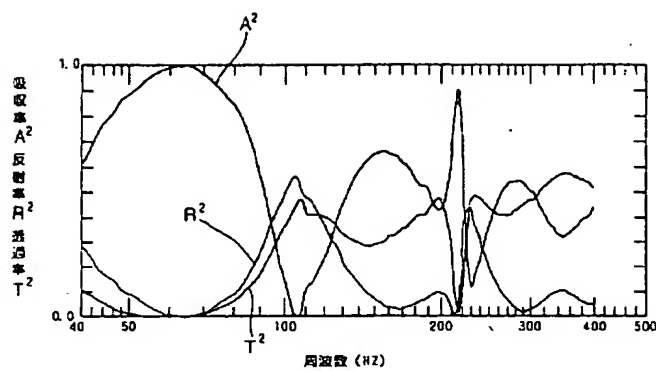
【図11】



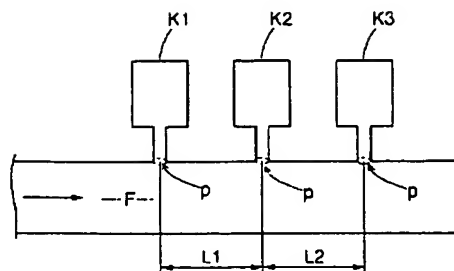
【図30】



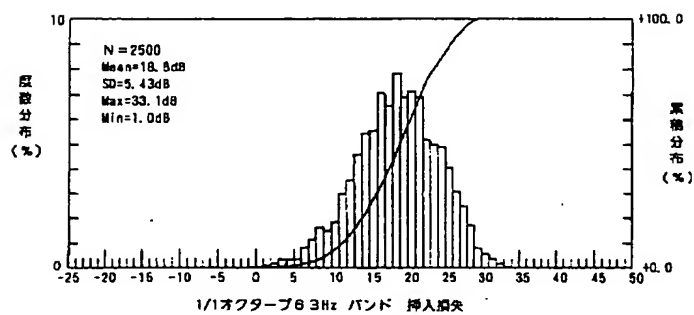
【図12】



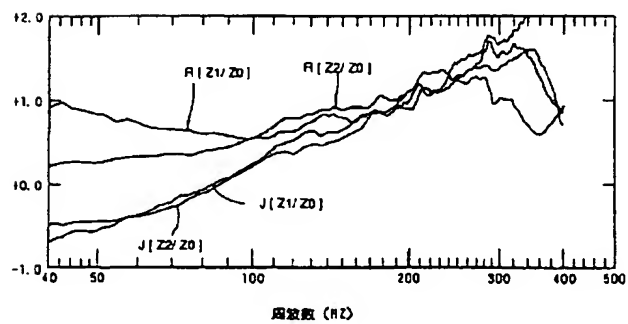
【図34】



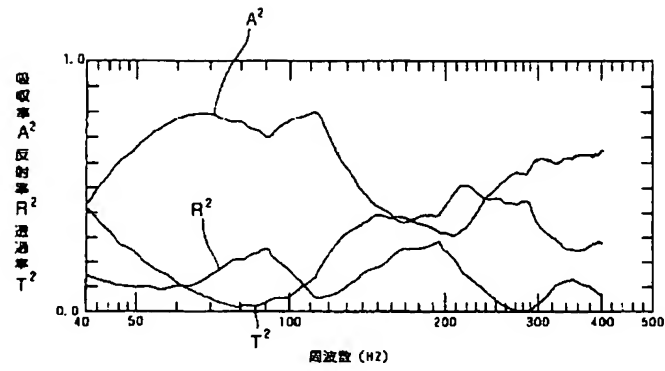
【図13】



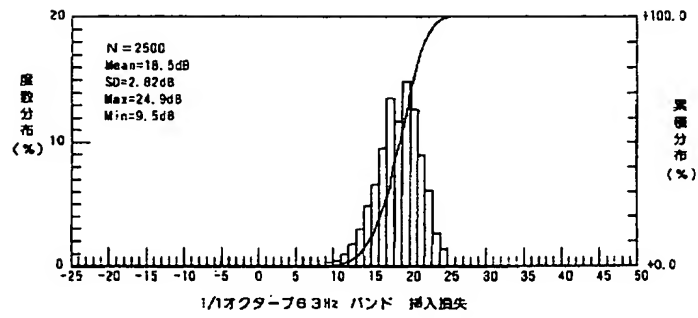
【図15】



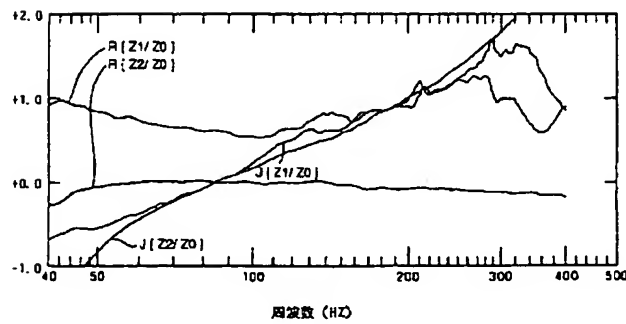
【図16】



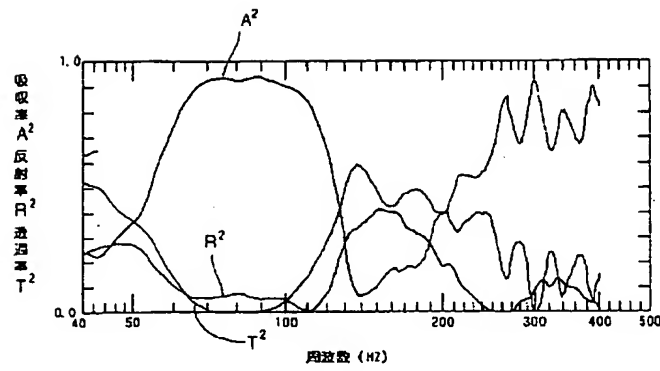
【図17】



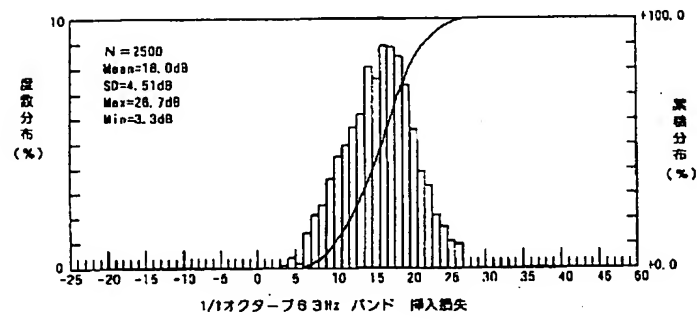
【図19】



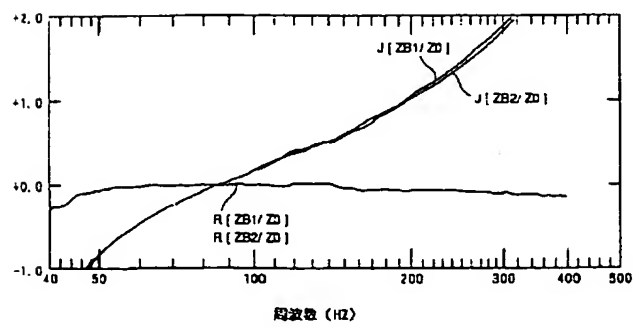
【図20】



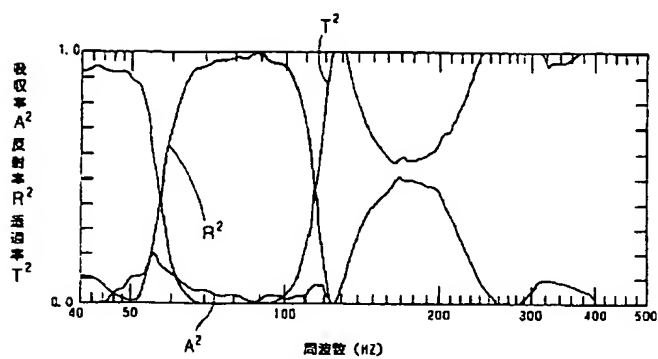
【図21】



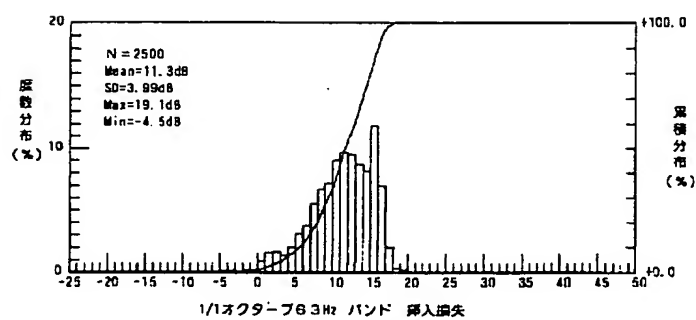
【図23】



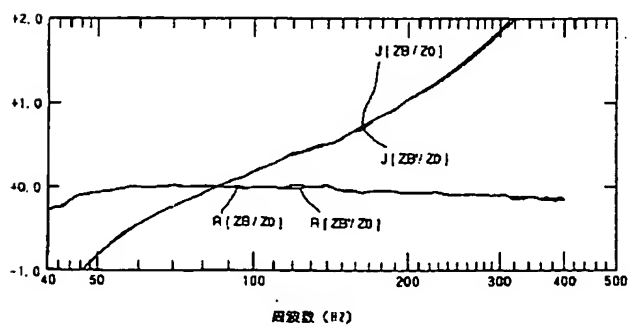
【図24】



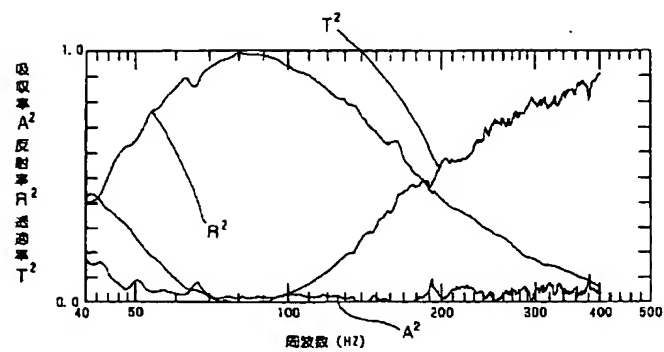
【図25】



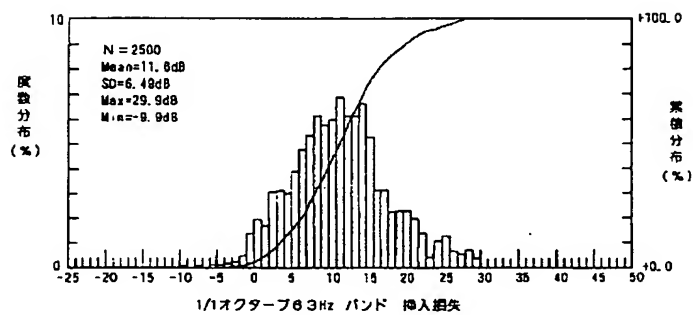
【図27】



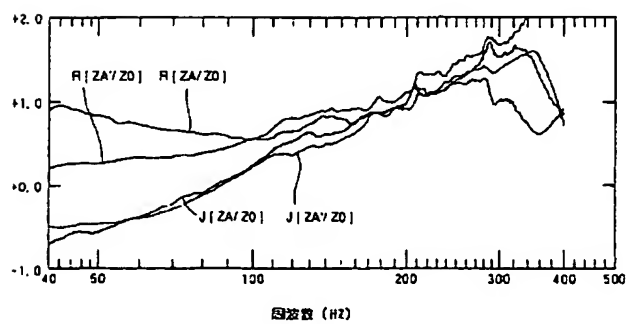
【図28】



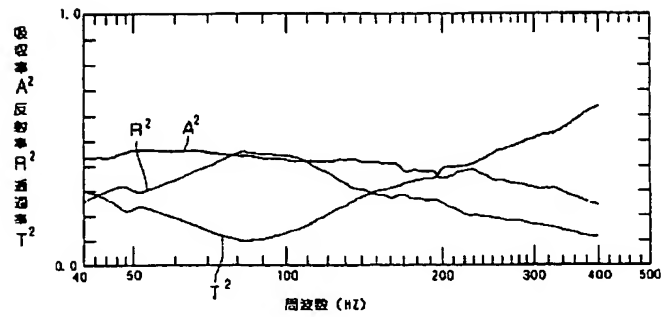
【図29】



【図31】



【図32】



【図33】

